مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۵، شماره ۱، سال ۱۳۹۸

ارزیابی برخی از پاسخ‌های مورفو- فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مرکبات به تنش شوری

Evaluation of Some Morpho- Physiological Responses of Citrus Genotypes to Salinity Stress

مرضیه اتحادپور[۱]، محمدرضا فتاحی‌مقدم[۲]، ذبیح‌اله زمانی[۲]، بهروز گلعین[۳] و محمدرضا نقوی[۴]

۱- دانشجوی سابق دکتری، گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- استاد، گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۹

چکیده

اتحادپور، م.، فتاحی‌مقدم، م. ر.، زمانی، ذ.، گلعین، ب.، و نقوی، م. ر. ۱۳۹۸. ارزیابی برخی از پاسخ‌های مورفو- فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مرکبات به تنش شوری. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵:** ۱۲۰-۱۰۳.

به منظور ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، برخی از دانهال‌های مرکبات غربال شده نسبت به شوری موجود در کلکسیون مرکز تحقیقات مرکبات رامسر و ایستکاه تحقیقاتی داراب و ژنوتیپ‌های تجاری متحمل (کلئوپاترا ماندارین) و حساس (ترویر سیترنج) در سه سطح، صفر (شاهد)، ۴۰ و ۹۰ میلی‌مولار سدیم کلراید در شرایط گلخانه بررسی شدند. در هفته دوزادهم پس از شروع تنش صفات سطح برگ، سطح ویژه برگ، رشد طولی و قطری ساقه، ضخامت برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، میزان نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها، مقدار آب نسبی برگ، میزان عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم مورد مطالعه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات به جز سطح ویژه برگ پاسخ متفاوت نشان دادند. تنش شوری کاهش معنی‌داری در سطح برگ، میزان رشد طولی و قطری ساقه، ضخامت برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و مقدار آب نسبی برگ و نیز افزایش معنی‌دار میزان نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها و میزان عناصر سدیم و پتاسیم در ژنوتیپ‌های غربال شده ایجاد کرد. بررسی نمره تحمل به تنش (STS) نشان داد دو ژنوتیپ بومی ایران شامل G25 و G8 در کنار ژنوتیپ متحمل کلئوپاترا ماندارین مقاومت به شوری بالایی داشتند. با در نظر گرفتن هم زمان خصوصیات فیزیولوژیک و STS ژنوتیپ‌های G8 و کلئوپاترا ماندارین به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها گزینش شدند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها پس از بررسی خصوصیات باغی برای استفاده به عنوان پایه در مناطق دارای خاک یا آب شور توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: مرکبات، کلرور سدیم، کلئوپاترا ماندارین، ژنوتیپ متحمل، نمره تحمل به تنش.

نگارنده مسئول: fattahi@ut.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۸۷۲۱

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌کند (Amini *et al.*, 2010). به استثنای مناطق مرطوب، شوری یک مشکل اساسی برای تولید مرکبات است. محدوده تحمل مرکبات به شوری کم و در حدود ۳-۱/۵ دسی‌زیمنس‌برمتر است.

در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و باغی، درختان مرکبات به شوری حساس می‌باشند و تحت این شرایط رشد و عملکرد آن‌ها کم می‌شود و اختلالات فیزیولوژی زیادی در گیاه بروز می‌نماید. تنش شوری باعث آسیب‌های متعددی از قبیل سوزاندن بافت، کاهش عملکرد، ریزش برگ و در نهایت مرگ گیاه در مرکبات می‌شود (Romero-Aranda *et al.*, 1998). شوری از طریق سمیت یونطهای خاص و اثر اسمزی نیز به مرکبات آسیب وارد می‌کند. صدمه به صورت کلروز و نکروز برگی قابل مشاهده است و اگر خیلی شدید باشد عملکرد باغ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ferguson and Gratten, 2005).

اثر شوری بر صفات مورفولوژی و فیزیولوژی مرکبات در پایه‌های مختلف مرکبات بررسی شده است و پایه‌های مختلف تحمل به شوری متفاوتی از نظر این صفات نشان دادند (Fadli *et al.*, 2012; Anjum *et al.*, 2001). در همین راستا نیه‌وس و همکاران (Nieves *et al.*, 1991) تحمل به شوری دو پیوندک لمون روی دو پایه را با اندازه‌گیری تجمع کلرید و سدیم بررسی کردند. درختان با محلول‌های غذایی ۲ (شاهد)، ۴۰ و ۸۰ مولار در مترمکعب کلریدسدیم به مدت ۷۵ روز تغذیه شدند. رشد تمام ترکیبات پیوندی با افزایش شوری کاهش یافت اما این اثر برای هر دو پیوندک روی پایه ماکروفیلا بیشتر بود در حالی‌که غلظت کلر و سدیم برگی در هر دو پیوندک روی پایه نارنج کمتر بود.

ذکری (Zekri, 1991) اثر تنش شوری را با اضافه کردن کلریدسدیم به محلول نیم غلظت هوگلند جهت به دست آوردن پتانسیل اسمزی نهایی ۰/۱۰-، ۰/۲۰- و ۰/۳۵- مگاپاسکال کلرید سدیم بر رشد و فیزیولوژی پایه‌های نارنج و کلئوپاترا ماندارین مطالعه نمود. شش ماه پس از اعمال تنش شوری، تفاوت معنی‌داری در میزان رشد، هدایت الکترولیت ریشه، هدایت روزنه‌ای و تعرق بین نارنج و کلئوپاترا مشاهده نشد. اما همه این خصوصیات به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمار کلریدسدیم کاهش یافت.

بانولس و همکاران (Banuls *et al.*, 1997) در ارزیابی اثر خاص نمک‌های کلرید پتاسیم، کلرید و نیترات سدیم (۶۰ میلی‌مولار) بر شاخص‌های رشد و تبادل گازی پیوندک‌های پرتقال والنسیا روی پایه‌های کلئوپاترا ماندارین و نارنج سه برگ گزارش کردند که نمک‌های کلر به طور قابل توجهی رشد گیاه را در هر دو

ترکیب پایه و پیوندک کاهش دادند در حالی‌که نیترات سدیم اثر خیلی کمی داشت.

صالح و همکاران (Saleh *et al*., 2008) تحمل به تنش شوری سه پایه تتراپلوئید در مقایسه با پایه‌های دیپلوئید مربوطه (پونسیروس، کاریزو سیترنج و کلئوپاترا ماندارین) را بررسی کردند. در پایان آزمایش ریزش برگی فقط در گیاهان پونسیروس مشاهده شد و همچنین نشانه‌های کلروز در گیاهان دیپلوئید پونسیروس و کاریزوسیترنج مشاهده گردید. نرخ رشد گیاهان دیپلوئید کلئوپاترا ماندارین تحت تأثیر تنش شوری قرار نگرفت.

گارسیا- سانچز و همکاران (Garcia-Sanchez *et al*., 2002) گزارش کردند که شوری رشد، تبادل گازی، کلروفیل‌ها و غلظت عناصر غذایی را در نارنج دیپلوئید و هیبریدهای سوماتیک آلوتتراپلوئید مربوطه کاهش داد. در مرکبات شوری میزان خالص فتوسنتز و تجمع کربوهیدرات را کاهش می‌دهد که احتمالاً مربوط به کاهش انتشار گاز کربنیک به روزنه‌ها می‌باشد (Climent *et al*., 2008).

تنش شوری باعث کاهش پارامترهای سطح برگ، وزن‌های تر و خشک شاخه و برگ، رشد طولی و قطری ساقه، محتوای کلروفیل‌های برگ‌ها، میزان فلورسانس کلروفیل‌ها، محتوای آب نسبی و افزایش محتوای پرولین و قندها، افزایش میزان پراکسید شدن لیپیدها در ژنوتیپ‌های مرکبات شده است (Balal *et al*., 2011; Hussain *et al*., 2012; Nasir khan *et al*., 2007).

برای ادامه و بقای تولید اقتصادی در کشاورزی و به خصوص کشت و تولید مرکبات، باید روش‌هایی برای مقابله با شرایط نامساعد محیطی و کیفیت پایین آب و خاک و نهال ایجاد شود که مهم‌ترین آنها، استفاده از گیاهان مقاوم و شناسایی عوامل و سازکار مقاومت در آن‌ها برای کاربرد در اصلاح نبات و مهندسی ژنتیک برای ایجاد گیاهانی مقاوم است.

با وجود گستردگی دامنه تحمل به شوری و قابلیت بالای دورگ‌گیری در مرکبات و همچنین جهش‌هایی که می‌تواند منجر به ایجاد صفاتی مطلوب در گیاه شود، می‌توان انتظار داشت در میان ژنوتیپ‌ها گیاهانی با تحمل بالای شوری وجود داشته باشد و با شناسایی و اصلاح آن‌ها و همچنین سازکارهای دخیل در تحمل به شوری آن‌ها بتوان مشکل شوری و زیان‌های اقتصادی ناشی از آن را تا حد قابل توجهی کاهش داد.

بنابراین، هدف این ارزیابی شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، از میان ژنوتیپ‌های ناشناخته ایستگاه تحقیقات کترا، در مرکز تحقیقات مرکبات کشور در رامسر، برخی از ژنوتیپ‌های ایستگاه تحقیقاتی داراب (فارس) و برخی از ژنوتیپ‌های تجاری بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی در این تحقیق شامل برخی از

دانهال‌های مرکبات موجود در کلکسیون موسسه تحقیقات مرکبات رامسر و داراب که حاصل از گرده‌افشانی آزاد و جهش هستند و بعضی دانهال‌های ژنوتیپ‌های تجاری متحمل به تنش شوری بودند (Rafat, 2005) (جدول ۱).

هشت ماه پس از جوانه‌زنی جنین‌های نوسلار دانهال‌های مرکبات موجود در کلکسیون مؤسسه تحقیقات مرکبات رامسر و ایستگاه تحقیقاتی داراب و ژنوتیپ‌های تجاری متحمل به تنش شوری، دانهال‌ها به مدت ۱۲ هفته در معرض تنش شوری قرار گرفتند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با فاکتور شوری در سه سطح صفر (شاهد)، ۴۰ و ۹۰ میلی‌مولار نمک کلرور سدیم و ژنوتیپ مرکبات در ۴۲ سطح و در سه تکرار در شرایط گلخانه دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی - پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد.

آبیاری با استفاده از آب دارای غلظت‌های مختلف نمک کلرید سدیم (مرک آلمان) با توجه به نیاز گیاه صورت گرفت. در هر دور آبیاری، محلول‌های نمک، به صورت تازه و با غلظت‌های فوق تهیه شد و pH محلول‌ها ۵/۷-۵/۸ تنظیم شد. برای تنظیم هدایت الکتریکی هر یک از محلول‌ها، از دستگاه ECمتر استفاده شد.

برای جلوگیری از ایجاد شوک اسمزی، تیمارهای تنش با آب دارای ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آغاز و به تدریج افزایش یافت. بدین صورت که در هر دور آبیاری ۳۰ میلی‌مولار تا رسیدن به غلظت نهایی افزوده شد. میزان محلول هر دور آبیاری با توجه به بافت خاک شنی لومی و اندازه‌گیری ظرفیت زراعی با توجه به فرمول زیر به دست آمد. برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک و ثابت نگه داشتن EC این میزان محلول در ۳۰ درصد میزان آبشویی ضرب شد و میزان محلول جهت آبیاری هر گلدان بدست آمد.

$$\text{میزان محلول} = d\,(FC - PWP) \times 0.5 \times A$$

d = عمق خاک گلدان؛ A = سطح گلدان؛ PWP = نقطه پژمردگی دائم؛ FC = ظرفیت زراعی خاک؛ MAD =۰/۵ (Management Allowable Deficit،کمبود رطوبت مجاز، اصطلاحاً ضریب مدیریتی آبیاری گفته می‌شود).

سه هفته بعد از اعمال تنش ژنوتیپ‌های مرکبات با توجه به میزان کلر، میزان نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها و میزان عملکرد کلروفیل فلورسانس غربال شدند (Etehadpour *et al.*, 2019). دوازده هفته پس از اعمال تنش شوری، نمونه‌برداری جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک شامل سطح برگ، سطح ویژه برگ

جدول ۱- فهرست ژنوتیپ‌های مرکبات مورد استفاده در این پژوهش برای ارزیابی تحمل به شوری

Table 1. List of citrus genotypes used in this research for evaluating salinity tolerance

ژنوتیپ غربال شده Screened genotype	محل Location	ژنوتیپ غربال شده Screened genotype	محل Location	ژنوتیپ غربال شده Screened genotype	محل Location
G1	Ramsar	G19	Ramsar	G42 (Bergamot)	Ramsar
G5	Ramsar	G20	Ramsar	G43 (Citrumelo)	Ramsar
G6	Ramsar	G22	Ramsar	G44 (Sour Orange)	Ramsar
G7	Ramsar	G25	Ramsar	G45 (Citrange)	Ramsar
G8	Ramsar	G26	Ramsar	G46 (Bakraei)	Ramsar
G10	Ramsar	G29	Ramsar	G47 (Eureka lemon × Unknown)	Ramsar
G15	Ramsar	G30	Ramsar	G35 (Rough lemon)	Darab
G16	Ramsar	G32	Ramsar	G36 (Volkameriana)	Darab
G18	Ramsar	G41	Darab	G39 (Rangpur lime)	Darab
				G34 (Cleopatra)	Ramsar

(Specific Leaf Area = SLA)، طــول و قطـــر ســـاقه، ضـــخامت بـــرگ، وزن تـــر و خشـــک انـــدام هـــوایی، نمـــره تـــنش (Stress Tolerance Score = STS)، برگ‌هــای نکــروزه و ریــزش کــرده، میــزان کاتیون‌های سدیم و پتاسیم و میزان نسبی آب برگ از ۲۸ ژنوتیپ غربال شده انجام شد.

پـس از جـدا کـردن برگ‌هـای دانهال‌هـای مورد آزمایش، سطح برگ‌ها (چهار برگ سالم) با استفاده از دستگاه مساحت سنج تصـویربردار مدل دلتا تی ساخت انگلستان انـدازه‌گیری شـد. سطح برگ ویژه یا SLA با تقسیم سطح برگ بر وزن خشـــک بـــرگ محاســـبه گردیـــد (Arias, 2007). همچنین اندازه‌گیری طول ساقه با استفاده از نوار متـر و قطـر سـاقه بـا اسـتفاده از کولیس دیجیتال انجام شد. طول و قطر سـاقه در ابتـدا و انتهـای آزمـایش انـدازه‌گیری شـد و اختلاف آن‌ها در ابتدا و انتهـای آزمـایش مـورد آنالیز قرار گرفت.

پـس از پایـان دوره تـنش، برگ‌هـا و سـاقه نمونـه‌های مـورد بررسـی از محـل طوقـه قطـع گردید سپس وزن هر قسمت بر حسب گـرم بـا استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی گیاه، هر یک از قسمت‌ها شـامل برگ‌هـا و سـاقه بـه صـورت جداگانــه درون پاکت‌هــای کاغــذی و ســپس درون آون قرار داده شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و مـدت ۷۲ ساعت، از آون خارج شده و وزن خشک آن‌هـا اندازه‌گیری شد.

نمره تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌ها نیـز بـر اسـاس فرمـول ارائـه شـده توسـط عبدالشـاهی و همکاران (Abdolshahi *et al*., 2013) محاسـبه شد.

STS = MP (Mean Productivity) + STI (Stress Tolerance Index) + GMP (Geometric mean productivity) + YI (Yield Index) + DRI (Drought Response Index) + YSI (Yield Stability Index) – SSI (Stress Susceptibility Index) – TOL (Tolerance)

بـرای محاسـبه ایـن فرمـول Ys بـه عنـوان میانگین وزن خشک ساقه و برگ‌هـا در شـرایط تنش و Yp به عنوان میانگین وزن خشک ساقه و برگ‌ها در شرایط بهینه در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات بجز سطح ویژه برگ پاسخ متفاوتی نشان دادند. همچنـین تـنش شوری بر کلیه صفات بجز سطح ویژه بـرگ اثـر معنی‌داری داشت.

سطح برگ: در سطح شوری صفر، بیشـترین مقدار سطح برگ در ژنوتیپ G8 و کمترین آن در ژنوتیپ G45 مشاهده شد. در سـطح شـوری

۹۰ میلی‌مولار ژنوتیپ G44 بیشترین و G43 کمترین مقدار سطح برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). ژنوتیپ‌های G8، G16، G19، G18، G44 (نارنج) و G42 میانگین سطح برگ بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان دادند.

کاهش رشد برگ پس از افزایش شوری خاک در مرحله اول به‌دلیل اثر اسمزی نمک اطراف ریشه است. طی چند ساعت سلول‌ها دوباره اندازه نهایی و تورژسانس اصلی را به دلیل تنظیم اسمزی بدست می‌آورند، اما علی‌رغم آن، سرعت طویل شدن سلولی کاهش می‌یابد. طی چند روز کاهش در توسعه سلولی و همچنین تقسیم سلولی منجر به کاهش تشکیل برگ و کوچک‌تر شدن اندازه نهایی آن می‌شود (Munns and Tester, 2008). دژم‌پور و همکاران (Dejampour *et al*., 2012) نیز در ارزیابی تحمل به شوری چند دورگه بین گونه‌ای جنس Prunus دریافتند که تنش شوری اثر منفی بر سطح برگ داشت.

طول و قطر ساقه: ژنوتیپ‌های G43، G34 (کلئوپاترا) و G34 بیشترین افزایش و ژنوتیپ G45 (سیترنج) کمترین طول ساقه را به ترتیب به خود اختصاص دادند (جدول ۲). کاهش طول ساقه همچنین توسط سیمپسون و همکاران (Simpson *et al*., 2014) و بلال (Balal, 2012) و کاهش قطر ساقه توسط حسین و همکاران (Hussain *et al*., 2012) تحت تأثیر تنش شوری در مرکبات گزارش شده است.

ضخامت برگ (نسبت وزن تر به سطح برگ): شوری باعث کاهش معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) ضخامت برگ‌ها در ژنوتیپ‌های مرکبات مورد بررسی شد. بیشترین ضخامت برگ در سطح صفر مربوط به ژنوتیپ G42 و در سطوح ۴۰ و ۹۰ میلی‌مولار مربوط به ژنوتیپ G8 بود. همچنین کمترین ضخامت برگ در سطح صفر مربوط به ژنوتیپ G45 (سیترنج) و در سطوح ۴۰ و ۹۰ میلی‌مولار به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های G43 و G2 بود (جدول ۲).

وزن اندام هوایی: شوری باعث کاهش وزن اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد. در سطح بدون تنش ژنوتیپ G8 بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی را نشان داد. کمترین وزن تر و خشک در این سطح به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های G45 (سیترنج) و G25 بودند.

در تحقیقات ذکری و پارسونز (Zekri and Parsons, 1992) در مورد اثر تنش شوری بر مرکبات مشخص گردید که بین دانهال‌های مورد بررسی پایه‌های کلئوپاترا و نارنج کمترین و پایه‌های راف‌لمون و پونسیروس بیشترین کاهش در وزن خشک اندام‌های هوائی را نشان دادند. تشکیل و افزایش کندتر سطح برگ فتوسنتز کننده منجر به کاهش جریان مواد ساخته شده به مریستم‌ها و بافت‌های در حال رشد می‌شود. تجمع یونها با غلظت‌های بالا در برگ‌های پیر (مسن) نیز از جریان ترکیبات کربن‌دار به مریستم‌ها می‌کاهد (Munns, 2010).

جدول ۲- مقایسه میانگین برای خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مرکبات تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری با کلرور سدیم

Table 4. Mean comparison for morpho- physiological characteristics of citrus genotypes as affected by different levels of salinity stress using NaCl

ژنوتیپ Genotype	سطح شوری Salinity	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) leaf area (m^{-2})	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک) Specific leaf area (cm^2gDW^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر گیاه (میلی‌متر) Plant diameter (mm)	ضخامت برگ (گرم وزن تر بر سانتی‌مترمربع) Leaf thickness ($gFW\ cm^{-2}$)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته Leaf necrosis and loss (%)	درصد آب نسبی برگ RWC (%)	درصد سدیم Na^+ content (%)	درصد پتاسیم K^+ content (%)	نسبت پتاسیم به سدیم K: Na ratio
G1	0	76.31d-l	12.279ab	md	1.245b-j	0.2222a-c	105.11a-n	39.03c-n	5.56n-p	74.09a-i	0.41g-m	1.62k-n	3.99
	40	72.39d-l	14.519ab	9.167h-q	0.440h-j	0.2189a-d	63.45c-n	23.41e-n	23.51j-p	64.88a-k	0.49f-m	1.66g-n	3.40
	90	74.26d-l	19.175ab	12.167d-q	1.041b-j	0.1015h	74.64c-n	23.54e-n	30.46f-p	66.573a-j	md	1.83b-l	md
G5	0	100.00b-l	15.003ab	25.000bc	2.121a-c	0.1802a-h	87.51b-n	53.19a-h	0.00p	md	0.30j-r	1.61mn	5.35g-n
	40	50.13j-l	12.361ab	8.000h-q	0.495h-j	0.2141a-f	56.11e-n	21.93f-n	13.48l-p	59.01d-k	0.53f-r	1.69g-n	3.22e-n
	90	58.32g-l	15.504ab	1.933pq	0.457h-j	0.1711a-h	31.89j-n	12.25i-n	56.34a-i	65.68a-j	0.56e-r	1.77b-m	3.15f-n
G6	0	94.71b-l	13.303ab	14.850c-o	md	0.1695a-h	98.75a-n	35.52c-n	0.00p	88.53a	0.39i-r	1.87b-h	4.81b-k
	40	84.44b-l	12.736ab	15.100c-o	md	0.2227a-c	123.22a-l	46.09c-k	0.00p	76.27a-i	0.41i-r	1.66g-n	4.07j-n
	90	67.52e-l	15.097ab	8.900h-q	md	0.2197a-d	57.38d-n	16.65f-n	23.68j-p	70.58a-j	1.43ab	1.74c-n	1.22mn
G7	0	91.98b-l	14.535ab	19.667b-h	0.923b-j	0.1786a-h	115.85a-n	45.12c-l	0.00p	68.40a-j	0.39i-r	1.97ab	5.07ab
	40	107.53b-k	16.849ab	10.7005f-q	1.181b-j	0.1833a-g	90.27b-n	29.73c-n	0.00p	78.09a-h	0.33j-r	1.67g-n	5.02g-n
	90	59.11f-l	15.936ab	7.000i-q	1.905a-g	0.1305gh	16.88l-n	9.52k-n	45.30a-l	55.32f-k	0.40i-r	1.96a-c	4.85ab
G8	0	210.30a	19.842ab	md	0.889b-j	0.2184a-e	197.90ab	85.00ab	0.00p	73.94a-i	0.25l-r	1.67g-n	6.79b-l
	40	128.71b-g	17.503ab	13.333c-p	1.175b-j	0.2394a	162.67a-e	68.03a-c	4.44op	67.69a-j	0.29k-r	1.67g-n	5.79c-n
	90	126.24b-h	16.180ab	15.167c-o	0.952b-j	0.2190a-d	109.18a-n	55.40a-f	6.02n-p	70.22a-j	0.49f-r	1.66h-n	3.34h-n
G10	0	83.79b-l	13.540ab	10.333g-q	0.622g-j	0.2031a-g	89.86b-n	32.21c-n	0.00p	67.32a-j	0.16p-r	1.63j-n	10.17a-i
	40	99.77b-l	15.293ab	5.500j-q	0.343j	0.2033a-g	78.95c-n	25.95d-n	9.82m-p	73.06a-i	0.66d-r	1.62j-n	2.46mn
	90	64.99e-l	13.506ab	1.575pq	0.394h-j	0.1724a-h	88.03b-n	30.35c-n	43.48b-l	59.63c-k	0.99a-h	1.75b-n	1.76k-n
G15	0	102.90b-l	15.136ab	15.500c-n	md	0.1792a-h	92.61b-n	34.48c-n	0.00p	62.92b-k	0.28k-r	1.59mn	5.72e-n
	40	69.12e-l	13.583ab	4.250n-q	md	0.2079a-g	173.25a-c	34.91c-n	12.93l-p	78.61a-h	0.56e-r	1.76b-m	3.16k-n
	90	63.71e-l	16.760ab	5.333j-q	md	0.1861a-g	55.82e-n	11.11j-n	59.86a-g	52.83i-k	1.27a-c	1.83b-l	6.88j-n
G16	0	128.89b-g	14.047ab	23.000b-e	1.320b-j	0.1917a-g	169.40a-d	65.04a-d	0.00p	76.62a-i	0.18n-r	1.63i-n	8.94a-g
	40	122.27b-i	16.388ab	15.625c-n	2.794a	0.1936a-g	121.30a-m	50.66b-j	7.07n-p	72.17a-j	0.39i-r	1.69g-n	4.35c-m
	90	114.72b-j	14.035ab	6.333j-q	1.054b-j	0.2024a-g	90.68b-n	46.33c-k	0.00p	59.74c-k	1.13a-e	1.72d-n	13.53mn

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Mean, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan’s Multiple Range Test.

Note: md: Missing data

توجه: md: داده‌های از دست رفته

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

ژنوتیپ Genotype	سطح شوری Salinity	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) leaf area (m^{-2})	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک) Specific leaf area (cm^2gDW^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر گیاه (میلی‌متر) Plant diameter (mm)	ضخامت برگ (گرم وزن تر بر سانتی‌مترمربع) Leaf thickness ($gFW\ cm^{-2}$)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته Leaf necrosis and loss (%)	درصد آب نسبی برگ RWC (%)	درصد سدیم Na + content (%)	درصد پتاسیم K + content (%)	نسبت پتاسیم به سدیم K: Na ratio
G18	0	153.56ab	11.330b	29.500b	1.422b-j	0.2292ab	150.00a-h	90a	0.0p	74.00a-i	0.12r	1.60mn	12.66 a-h
	40	83.48b-l	18.258ab	18.750b-i	md	0.1924a-g	130.00a-l	41.25c-n	0.0p	71.52a-j	0.30j-r	1.65h-n	5.54e-n
	90	87.24b-l	15.960ab	5.300j-q	1.029b-j	0.1635a-h	28.72k-n	11.40j-n	64.4a-e	55.30g-k	0.85c-k	1.84b-k	2.17g-n
G19	0	127.49b-h	14.262ab	10.350g-q	1.270b-j	0.2186a-e	144.84a-j	48.82b-k	0.0p	71.14a-j	0.17o-r	1.61mn	9.31f-n
	40	142.84b-b	19.946a	14.250c-o	1.465b-j	0.1836a-g	129.74a-l	44.39c-m	2.3op	72.82a-i	0.28k-r	1.73d-n	6.13a-j
	90	55.64h-l	19.028ab	4.667m-q	0.728e-j	0.1770a-h	37.28g-n	11.40j-n	35.2e-o	69.71a-j	0.26k-r	1.61l-n	6.10f-n
G20	0	74.89d-l	md	md	0.838c-j	md	98.75v	32.10c-n	0.0p	85.83ab	0.34j-r	1.69g-n	4.98d-n
	40	79.11c-l	19.995a	13.975c-o	1.045b-j	0.1761a-h	69.44c-n	25.09d-n	3.7op	80.48a-f	0.25l-r	1.67g-n	6.76c-m
	90	76.31d-l	17.913ab	10.600f-q	0.643f-j	0.1789a-h	75.38c-n	24.22e-n	37.6d-n	60.93b-k	0.62d-r	1.65h-n	2.65e-n
G22	0	131.07b-f	16.852ab	16.500c-m	2.007a-e	0.1540b-h	118.88a-m	46.94b-k	25.0i-p	76.43a-i	md	md	md
	40	94.64b-l	16.800ab	13.000d-q	1.058b-j	0.1759a-h	73.89c-n	27.25d-n	23.9j-p	68.54a-j	0.25b-n	1.75b-n	6.97j-n
	90	98.98b-l	18.206ab	9.333h-q	md	0.1493b-h	66.99c-n	23.08e-n	8.3m-p	63.62a-k	0.29b-m	1.79b-m	6.11k-n
G25	0	101.38b-l	13.787ab	12.750d-q	0.847c-j	0.2054a-g	64.67c-n	4.97l-n	0.0p	73.16a-i	0.17g-n	1.67g-n	10.03d-n
	40	96.35b-l	14.980ab	11.567e-q	1.007b-j	0.1903a-g	54.44e-n	19.38f-n	13.0-p	77.05a-i	0.13i-n	1.63i-n	12.39d-n
	90	90.94b-l	15.601ab	10.333g-q	0.825c-j	0.1630a-h	37.02h-n	17.89f-n	76.2a	70.85a-j	0.21e-n	1.71e-n	8.01h-n
G26	0	50.20i-l	14.054ab	10.933f-q	1.236b-j	0.1837a-g	53.82e-n	19.87f-n	0.0p	71.32a-j	0.19g-n	1.69g-n	8.88d-n
	40	57.11g-l	13.642ab	8.667h-q	0.957b-j	0.1667a-h	60.23c-n	24.88d-n	0.0p	68.40a-j	0.21e-n	1.71e-n	8.18b-l
	90	87.26b-l	16.950ab	8.500h-q	0.584h-j	0.1598a-h	70.05c-n	23.36e-n	8.7m-p	57.01d-k	0.34b-k	1.84b-k	5.45g-n
G29	0	84.81b-l	17.309ab	md	0.788d-j	0.1883a-g	95.09a-n	29.84c-n	3.6op	84.42a-c	0.21e-n	1.71e-n	8.05a-e
	40	128.34b-g	14.106ab	18.500b-i	1.053b-j	0.2254ab	195.56ab	62.50a-e	40.0c-m	71.09a-j	md	md	md
	90	73.43d-l	15.919ab	md	0.286j	0.1404d-h	9.89mn	4.47mn	71.1a-c	53.79h-k	0.25b-m	1.75b-m	6.87i-n
G30	0	42.71j-l	14.015ab	4.000n-q	0.762d-j	0.2126a-f	150.49a-g	32.91c-n	2.5op	60.25c-k	0.14i-n	1.64i-n	11.66a-d
	40	82.76b-l	14.100ab	10.1670g-q	0.701f-j	0.1862a-g	48.38f-n	18.51f-n	3.3op	68.06a-j	0.22d-n	1.72d-n	7.69f-n
	90	md	md	3.333o-q	0.445h-j	md	3.11n	md	75.0ab	56.65e-k	0.35b-i	1.86b-i	5.20j-n

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Mean, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan’s Multiple Range Test.

Note: md: Missing data

توجه: md: داده‌های از دست رفته

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

ژنوتیپ Genotype	سطح شوری Salinity	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) leaf area (m^{-2})	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک) Specific leaf area (cm^2gDW^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر گیاه (میلی‌متر) Plant diameter (mm)	ضخامت برگ (گرم وزن تر بر سانتی‌مترمربع) Leaf thickness (gFW cm^{-2})	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته Leaf necrosis and loss (%)	درصد آب نسبی برگ RWC (%)	درصد سدیم Na + content (%)	درصد پتاسیم K + content (%)	نسبت پتاسیم به سدیم K: Na ratio
G32	0	110.59b-k	14.776ab	11.000f-q	md	0.1947a-g	110.56a-n	40.69c-n	0.00p	81.35a-e	0.09mn	1.59mn	17.36g-n
	40	83.50b-l	14.505ab	5.167l-q	0.457h-j	0.2014a-g	76.27c-n	26.49d-n	68.06a-d	67.63a-j	0.19g-n	1.70g-n	8.55g-n
	90	87.94b-l	16.072ab	3.667n-q	0.381ij	0.1393d-h	42.00f-n	19.2f-n	76.19a	62.06b-k	0.26b-m	1.76b-m	6.81k-n
G34	0	91.66b-l	15.249ab	md	1.118b-j	0.1898a-g	135.55a-k	48.19b-k	0.00p	76.43a-i	0.607a	2.10a	3.49a
	40	65.40e-l	16.615ab	23.500b-d	0.597h-j	0.1784a-h	74.64c-n	27.03d-n	0.00p	80.19a-g	0.16g-n	1.66g-n	10.12f-n
	90	69.22e-l	15.892ab	22.367b-f	md	0.1915a-g	99.71a-n	42.64c-n	0.00p	84.72a-c	0.21g-n	1.71g-n	8.28k-n
G35	0	124.97b-h	16.689ab	17.200c-l	1.930a-f	0.1788a-h	152.47a-f	52.20b-i	0.00p	77.95a-i	0.17g-n	1.67g-n	9.59ab
	40	110.80b-k	17.218ab	17.250c-k	2.032a-d	0.1926a-g	92.41b-n	44.41c-m	1.52p	82.12a-d	0.22d-n	1.72d-n	7.69f-n
	90	89.66b-l	15.813ab	11.000f-q	0.724e-j	0.1979a-g	90.00b-n	38.75c-n	27.75h-p	66.02a-j	0.46ab	1.96ab	4.22j-n
G36	0	67.33e-l	16.123ab	md	1.113b-j	mdp	66.45c-n	30.22c-n	0.00p	72.11a-j	md	md	md
	40	73.43d-l	16.087ab	11.133e-q	0.843d-j	0.1656a-h	62.16c-n	23.72e-n	14.77k-p	88.32a	0.24c-n	1.74c-n	7.19f-n
	90	57.11g-l	md	13.500c-p	0.991b-j	md	68.43c-n	25.15d-n	63.24a-e	47.32j-k	0.29b-m	1.79b-m	6.16g-n
G39	0	49.25j-l	13.002ab	md	md	0.1934a-g	29.59k-n	11.80i-n	51.00a-j	40.35k	0.03n	1.53n	5.764n
	40	63.18e-l	15.354ab	16.900c-l	md	0.1895a-g	37.50g-n	13.46h-n	0.00p	78.25a-h	0.22e-n	1.72e-n	7.81d-n
	90	50.00j-l	md	5.250k-q	0.6223g-j	md	4.72n	2.45n	61.67a-f	62.77b-k	0.44a-d	1.94a-d	4.37f-n
G41	0	128.49b-g	14.363ab	17.333c-j	0.779d-j	0.1846a-g	145.52a-i	55.74a-f	0.00p	72.00a-j	md	md	md
	40	101.38b-l	13.746ab	8.767h-q	1.058b-j	0.1903a-g	110.75a-n	42.91c-n	0.00p	80.62a-e	0.43a-f	1.93a-f	4.48b-k
	90	69.63e-l	15.465ab	6.000j-q	0.288j	0.2032a-g	67.98c-n	22.37e-n	58.52a-h	73.75a-i	0.35b-j	1.85b-j	5.305e-n
G42	0	61.01f-l	12.319ab	19.333b-h	0.914b-j	0.22734ab	107.53a-n	24.01e-n	0.00p	76.64a-i	0.12k-n	1.62k-n	13.50b-l
	40	133.72b-e	14.461ab	18.667b-i	1.490b-j	0.1809a-h	114.89a-n	44.64c-m	0.00p	58.53d-k	0.21e-n	1.71e-n	8.020g-n
	90	113.94b-j	17.358ab	9.667h-q	1.118b-j	0.1715a-h	87.50b-n	31.48c-n	28.86h-p	66.94-j	0.24c-n	1.74c-n	7.29h-n

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Mean, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan’s Multiple Range Test.

Note: md: Missing data

توجه: md: داده‌های از دست رفته

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲

ژنوتیپ Genotype	سطح شوری Salinity	سطح برگ (سانتی‌متر مربع) leaf area (m^{-2})	سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم وزن خشک) Specific leaf area (cm^2gDW^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر گیاه (میلی‌متر) Plant diameter (mm)	ضخامت برگ (گرم وزن تر بر سانتی‌متر مربع) Leaf thickness ($gFW\ cm^{-2}$)	وزن تر اندام هوایی (گرم) Shoot fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	درصد برگ‌های نکروزه و ریزش یافته Leaf necrosis and loss (%)	درصد آب نسبی برگ RWC (%)	درصد سدیم Na + content (%)	درصد پتاسیم K + content (%)	نسبت پتاسیم به سدیم K: Na ratio
G43	0	96.02b-l	17.631ab	41.50a	1.105b-j	0.1852a-g	144.08a-j	md	2.56op	76.22a-i	0.45a-c	1.95a-c	4.33a-c
	40	63.49e-l	16.444ab	12.00d-q	0.686f-j	0.14216c-h	65.82c-n	33.06c-n	26.76h-p	88.27a	0.16h-n	1.66h-n	10.30-n
	90	39.36kl	17.439ab	5.625j-q	0.296j	0.1330f-h	36.12i-n	13.8h-n	46.06a-k	73.16a-i	0.27b-m	1.77b-m	6.52g-n
G44	0	89.45b-l	14.143ab	md	0.737d-j	0.1376e-h	65.64c-n	32.94c-n	0.00p	70.60a-j	0.16h-n	1.66h-n	10.42b-k
	40	85.46b-l	16.979ab	12.67d-q	1.693a-h	0.1777a-h	80.68c-n	27.69c-n	0.00p	73.43a-i	0.19g-n	1.69g-n	8.80d-n
	90	148.35bc	15.861ab	21.70b-g	0.952b-j	0.2122a-f	204.69a	55.11a-g	0.00p	78.18a-h	0.22e-n	1.72e-n	7.89d-n
G45	0	35.25l	16.255ab	8.833h-q	0.749d-j	0.1525b-h	25.57k-n	8.61k-n	0.00p	75.14a-i	0.12k-n	1.62k-n	13.27g-n
	40	33.12l	13.009ab	1.17q	0.703f-j	0.1412d-h	22.71k-n	9.35k-n	16.42k-p	70.80a-j	0.22d-n	1.72d-n	7.71g-n
	90	44.09j-l	13.293ab	1.00q	0.483h-j	0.1842a-g	23.06k-n	14.68g-n	13.33l-p	67.91a-j	0.39b-g	1.89b-g	4.86e-n
G46	0	47.68j-l	16.600ab	md	1.143b-j	0.1963a-g	54.05e-n	17.42f-n	0.00p	79.38a-g	md	md	md
	40	68.11e-l	14.904ab	9.75g-q	0.819d-j	0.18894a-g	56.46d-n	18.5f-n	29.14g-p	77.91a-i	0.21f-n	1.71f-n	8.24h-n
	90	64.69e-l	17.169ab	8.00h-q	1.067b-j	0.19937a-g	51.69e-n	15.62f-n	26.67h-p	75.54a-i	0.43a-e	1.93a-e	4.47g-n
G47	0	76.59c-l	12.808ab	11.5e-q	1.676a-i	0.1823a-h	70.72c-n	30.64c-n	0.00p	62.54b-k	md	md	md
	40	99.2b-l	16.598ab	7.00i-q	1.206b-j	0.1895a-g	66.83c-n	29.3c-n	3.85op	80.25a-g	0.28b-m	1.79b-m	6.29e-n
	90	51.55i-l	13.460ab	9.00h-q	2.172ab	0.1694a-h	33.58i-n	14.89g-n	69.52a-d	55.33f-k	0.29b-m	1.79b-m	6.13i-n

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Mean, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

Note: md: Missing data

توجه: md: داده‌های از دست رفته

نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی ژنوتیپ و سطوح شوری و اثر متقابل آن‌ها بر میزان نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (تجزیه واریانس ارائه نشده است). با افزایش میزان شوری میزان نکروزه شدن و ریزش برگ افزایش یافت. در سطح شوری صفر در کلیه ژنوتیپ‌ها به استثنای ژنوتیپ‌های G1، G22، G29، G30، G39 (رانگپورلایم) و G43 (سیتروملو) نکروزه شدن و ریزش برگ صفر بود. در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ژنوتیپ‌های G6، G7، G18، G26، G34 (کلئوپاترا)، G39 (رانگپورلایم)، G41، G42 (اترج) و G44 (نارنج) و در سطح شوری ۹۰ میلی‌مولار ژنوتیپ‌های G16، G34 (کلئوپاترا) و G44 (نارنج) اثری از نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها مشاهده نشد (جدول ۲).

با در نظر گرفتن میانگین سه سطح شوری، ژنوتیپ‌های G34 (کلئوپاترا)، G44 (نارنج)، G26، G16 و G8 کمترین و ژنوتیپ‌های G29، G32، G18 و G47 (اورکالمون × ناشناخته) بیشترین درصد برگ‌های نکروزه و ریزش برگ را به خود اختصاص دادند. ریزش برگ در بازداری از رشد گیاه در اثر شوری در مرکبات نقش دارد (Gomez-Cadenas, 1998). بار و همکاران (Bar *et al*., 1997) گزارش کردند که غلظت بالای کلر در برگ‌ها و شاخه‌های ترویر سیترنج باعث صدمه به برگ‌ها شد اما این صدمات در کلئوپاترا مشاهده نشد.

مقدار نسبی آب برگ (RWC): تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ژنوتیپ و سطوح مختلف شوری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار نسبی آب برگ معنی‌داری بود. با افزایش سطح شوری در کلیه ژنوتیپ‌ها از میزان آب نسبی برگ کاسته شد. میانگین ژنوتیپ‌های G34 (کلئوپاترا)، G6، G43 (سیتروملو) و G46 (بکرایی) در هر سه سطح نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در این صفت بالاتر بود در مقابل ژنوتیپ‌های G5، G18، G30 و G10 میانگین پایین‌تری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان دادند (جدول ۲).

مقدار نسبی آب (RWC) نشان‌دهنده حالت تعادل آبی در یک گیاه است و مقدار آبی که گیاه برای رسیدن به اشباع کامل (به صورت مصنوعی) نیاز دارد را بیان می‌کند (Gonzalez and Gonzalez-Vilar, 2001). کاهش در مقدار نسبی آب برگ می‌تواند به علت کاهش پتانسیل آب در محلول خاک در اثر افزایش نمک‌ها به‌ویژه کلریدسدیم باشد. پتانسیل پایین‌تر محلول خاک باعث کاهش جذب آب توسط گیاه می‌شود و در نتیجه‌ی کاهش آب گیاه، مقدار نسبی آب در برگ‌ها کاهش می‌یابد.

مقدار عناصر سدیم و پتاسیم گیاه: در اثر اعمال تنش شوری افزایش معنی‌دار میزان سدیم و پتاسیم و همچنین کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در برگ ژنوتیپ‌های مورد آزمایش

مشاهده شد. از نظر غلظت سدیم برگی، ژنوتیپ‌های G39 (رانگپورلایم)، G46 (بکرایی)، G22 و G47 (اورکالمون× ناشناخته) بیشترین و ژنوتیپ‌های G19، G8، G7، G20 و G34 (کلئوپاترا) کمترین میانگین را نشان دادند (جدول ۲). در خصوص میزان پتاسیم برگی بیشترین میانگین مربوط به ژنوتیپ‌های G41، G35 (راف‌لمون)، G46 (بکرایی)، G7 و G34 (کلئوپاترا) و کمترین میانگین مربوط به ژنوتیپ‌های G19، G8، G20 و G25 بود.

اثر سمی تجمع سدیم و کلر در برگ‌های گیاهان می‌تواند منجر به مرگ زود هنگام برگ و پیری گیاه شود (Garcia – Sanchez *et al*., 2003). آستانه گزارش شده برای سمیت سدیم در منابع دارای تفاوت زیادی هست. سالس (Sauls, 2008) عدم مشاهده آثار سمیت را تا سطح ۰/۵ درصد وزن خشک گزارش کرد. در حالی‌که بسیاری از محققان ۰/۲۵درصد سدیم در وزن خشک را به عنوان آستانه سمیت گزارش کردند (Chapman, 1949; Smith, 1962). یی‌سیل‌اوگلو و همکاران (Yesiloglu *et al*., 2012) با بررسی نارنج 'Swingle'، سیتروملو 'Tuzcu 891'، 'Volkameriana'، نارنج سه برگ 'Rubidoux' و 'Citremon' تحت شرایط شوری اعلام کردند اگرچه وزن خشک ریشه در بین پایه ها تغییری نکرد اما تفاوت های معنی داری در غلظت های سدیم، کلر، کلسیم و پتاسیم و وزن خشک شاخه مشاهده شد.

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری:
شاخص حساسیت به تنش (SSI)، میانگین محصول‌دهی (MP)، تحمل (TOL)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شیب خط رگرسیون (β) و شاخص پاسخ به خشکی (DRI) به‌طور گسترده در مطالعه تحمل به تنش‌های محیطی استفاده می‌شود. مشکل استفاده از این شاخص‌ها این است که رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر شاخص قرار می‌گیرد و این شاخص‌ها رتبه‌بندی‌های متفاوتی را ارائه می‌نمایند.

برای رفع این مشکل از نمره تحمل به تنش (STS) که ترکیبی از این شاخص ها است استفاده می‌شود (Abdolshahi *et al*., 2013). مقدار بالای این شاخص نشان‌دهنده تحمل بهتر ژنوتیپ به تنش می‌باشد. بر اساس این نمره ژنوتیپ‌های دارای اعداد مثبت متحمل و ژنوتیپ‌های دارای اعداد منفی حساس هستند. نتایج شاخص STS برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. در این آزمایش ژنوتیپ‌های G25، G8، G34 (کلئوپاترا)، G42 (برگاموت) و G44 (نارنج) در سطح شوری ۹۰ به‌ترتیب بالاترین نمره STS را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده تحمل بالاتر آن‌ها به تنش شوری بود.

جدول ۳- نمره تحمل به تنش (STS) برای دانهال‌های ژنوتیپ‌های مرکبات
Table 3. Stress tolerance score (STS) for seedlings of citrus genotypes

ژنوتیپ Genotype	نمره تحمل به تنش STS	ژنوتیپ Genotype	نمره تحمل به تنش STS
G25	12.446	G45 (Citrange)	-4.263
G8	10.004	G22	-4.372
G34 (Cleopatra)	10.002	G30	-4.8380
G42 (Beragamot)	7.222	G39 (Rangpour lime)	-4.908
G44 (Sour orange)	5.362	G32	-5.721
G16	4.800	G47 (Eureka lemon × Unknown)	-6.726
G41	4.770	G6	-8.911
G10	2.785	G15	-9.763
G26	0.719	G43 (Citrumelo)	-10.223
G20	-1.0436	G5	-10.767
G36 (Volkameriana)	-1.307	G19	-10.928
G49 (Bakraei)	-1.689	G7	-11.720
G35 (Rough lemon)	-2.376	G18	-13.489
G1	-2.957	G29	-13.678

بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های پایه مرکبات ایرانی نشان داد ژنوتیپ‌های بومی ایران (G25 و G8) تحمل در حد ژنوتیپ متحمل به شوری (کلئوپاترا) از خود نشان دادند. این ژنوتیپ‌ها برای استفاده به عنوان پایه در مناطق دارای خاک یا آب شور قابل استفاده می‌باشند.

نمره تحمل به شوری (STS) به عنوان متغیر وابسته در رگرسیون گام به گام در نظر گرفته شد و خصوصیات محتوای نسبی آب برگ (RWC) و نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها (LNL) وارد مدل شدند:

$$STS = -24.64 + 0.41RWC - 0.35LNL$$

این نتایج نشان‌دهنده اهمیت دو صفت محتوی نسبی آب برگ و نکروزه شدن و ریزش برگ‌ها بود. ژنوتیپ‌هایی که محتوای نسبی آب برگ بالا و درصد نکروزه شدن و ریزش برگ کمتری داشتند تحمل به شوری بالاتر نشان دادند. ژنوتیپ‌های متحمل به شوری G25، G8 و G34 (کلئوپاترا) از لحاظ محتوای نسبی آب برگ وضعیت بالاترین مقدار را داشتند. اگرچه هر سه ژنوتیپ متحمل درصد نکروزه شدن و ریزش برگ کمی داشتند ولی ژنوتیپ G34 (کلئوپاترا) کم‌ترین میزان را به خود اختصاص داد.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله از مرکز تحقیقات مرکبات رامسر و ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب به خاطر دردسترس قرار دادن مواد گیاهی و از دانشگاه تهران برای حمایت مالی این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

References

Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, Sh., and Mohamadi-Nejad, Gh. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives of Agronomy and Soil Science 59: 685-704.

Amini, A., Vahabzadeh, M., Majidi Heravan, E., Afiuni, D., Tabatabaei, M. T., Saberi, M. H., Lotfali Aineh, G., and Ravari, S. Z. 2010. Grain yield stability and adaptability of bread wheat genotypes using different stability indices under salinity stress conditions. Seed and Plant Improvment Journal 26: 397-411.

Anjum, M. A., Abid, M., and Naveed, F. 2001. Evaluation of citrus rootstocks for salinity tolerance at seedling stage. International Journal of Agriculture and Biology 3: 1-4.

Arias, D. 2007. Calibration of LAI -2000 to estimate leaf area index and assement of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costarica. Forest Ecology and Management 247: 85-193.

Balal, R. M. 2012. Comparative studies on the physiobiochemical, enzymatic, and ionic modifications in salt-tolerant and salt-sensitive citrus rootstocks under NaCl stress. Journal of the American Society for Horticultural Science 137: 86-95.

Balal, R. M., Ashraf, M. Y., Khan, M. M., Jaskani, M. J., and Ashfaq, M. 2011. Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus rootstocks. Pakistan Journal of Botany 43: 2135-2141.

Banuls, J., Serna, M. D., Legaz, M., and Primo- Millo, E. 1997. Growth and gaz exchange parameters of citrus plants stressed with different salts. Journal of Plant Physiology 150: 194-199.

Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., and Goren, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. Journal of Plant Nutrition 20: 715– 31.

Chapman, H. 1949. Citrus leaf analysis. California Agriculture 3: 10-14.

Climent, M., Arbona, V., Perez-Clemente, R. M., and Gomez-Cadenas, A. 2008. Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. Environmental and Experimental Botany 62: 176-184.

Dejampour, J., Aliasgarzadeh, N., Grigorian, V., and Majidi Heravan, E. 2012. Evaluation of salinity tolerance in some interspecific hybrids of prunus. Seed and Plant Improvment Journal 28: 339-351.

Etehadpour, M., Fattahi Moghaddam, M., R., Zamani. Z., Golein, B., and Naghavi, M. R. 2019. Effect of salinity stress on physiological traits of citrus seedlings and identification of superior genotypes. Iranian Journal of Horticultural Science In press.

Fadli, A., Chetto, O., Talha, A., Beniken, L., Benkirane, R., and Benyahla, H. 2012. Screening of ten citrus rootstocks for salt tolerance at seedling stage. Pp. 123. In: Proceedings of the XII International Citrus Congress.

Ferguson, L., and Gratten, S. R. 2005. How salinity damages citrus: osmotic effects and specific ion toxicities. HortTechnology 15: 95-99.

Garcia – Sanchez, F., Carvajal, M., Porras, I., Botina, P., and Martinez, V. 2003. Effects of salinity and rate of irrigation on yield, fruit quality and mineral composition of ‘Fino 49’ Lemon. European Journal of Agronomy 19: 427-437.

Garcia-Sanchez, F., Martinez, V., Jifon, J. L., Syvertsen, J. P., and Grosser, J. W. 2002b. Salinity reduces growth, gas exchange, chlorophyll and nutrient concentrations indiploid sour orange and related allotetraploid somatic hybrids. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77: 379-386.

Gomez-Cadenas, A., Tadeo, F. R., Primo-Millo, E., and Talon, M. 1998. Involvement of abscicic acid and ethylene in the response of citrus seedlings to salt shock. Physiologia Plantarum 103: 475-484.

Gonzalez, L., and Gonzalez- Vilar, M. 2001. Determination of relative water content. Pp. 207-212. In: Reigosa Roger, M. J. (ed.) Handbook of Plant Ecophysiology Techniques. Kluwer Academic Publishing. 452 pp.

Hussain, S., Luro, F., Costantino, G., Ollitrault, P., and Morillon, R. 2012. Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. South African Journal of Botany 81: 103–112.

Munns, R. 2010. Approaches to identifying genes for salinity tolerance and the importance of timescale. Pp. 25-39. In: Sunkar, R. (ed.) Plant Stress Tolerance, Methods and Protocols. Springer Science & Bussines Media (Hummana Press).

Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Nasir Khan, M., Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Masroor, M., Khan, A., and Naeem, M. 2007. Salinity induced changes in growth, enzyme activities, photosynthesis, proline accumulation and yield in linseed genotypes. World Journal of Agricultural Sciences 3: 685-695.

Nieves, M., Garcia, A., and Cerda, A. 1991. Effect of salinity and rootstock on lemon fruit quality. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 66: 27-30.

Rafat, T. F. 2005. Identification and evaluation of citrus trees with significant genetic variation in the northern and southern gardens. Final report of the research project. Registered no. 84/487 dated 20 August 2005. Citrus and Subtropical Fruits Research Center.

Romero-Aranda, R., Moya, J. L., Tadeo, F. R., Legaz, F., Primo-Millo, E., and Talon, M. 1998. Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. Plant, Cell and Environment 21: 1243–1253.

Saleh, B., Allario, T., Dambier, D., Ollitrault, P., and Morillon, R. 2008. Tetraploid citrus rootstocks are more tolerant to salt stress than diploid. Comptes Rendus Biologies 331: 703-710.

Sauls, J. P. 2008. Citrus nursery production, Texas citrus and subtropical fruits. Texas AgriLife Extension. Available at: http://aggiehorticulture.tamu.edu/citrus/nutrition/L2288.htm.

Simpson, C. R., Nelson, S. D., Melgar, J. C., Jifon, J., King, S. R., Schuster, G., and Voldera, A. 2014. Growth response of grafted and ungrafted citrus trees to saline irrigation. Scientia Horticulturae 169: 199-205.

Smith, P. F. 1962. A case of sodium toxicity in citrus. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 75: 120-124.

Yesiloglu, T., Incesu, M., Yilmaz, B., Tuzcu, O., Uysal, M., and Cimen, B. 2012. Effect of salinity on some citrus rootstocks. Pp. 120-121. In: Proceedings of the XII International Citrus Congress.

Zekri, M. 1991. Effect of NaCl on growth and physiology of sour orange and Cleopatra mandarin seedlings. Scientia Horticulturae 47: 303-15.

Zekri, M., and Parsons, L. R. 1992. Salinity tolerance of citrus rootstocks: effect of salt on root and leaf mineral concentrations. Plant Soil 147: 171-181.